

농경지 토양에서 N과 P의 거동 특성

최태범 · 장운영 · 이기철*

광운대학교 환경공학과

*농업기반공사

kwangwoon2002@hanmail.net

ABSTRACT

Nonpoint source pollution of groundwater and subsurface water from irrigated agriculture is a major concern in many areas. In this study we aimed to investigate the effect of the water applied by irrigation in agricultural area on the transport of nitrogen and phosphorus originated from fertilizers applied to the surface of soil in agricultural activities. We first conducted investigation on the residual concentrations of soil N and P in a selected agricultural area. And simulating the target area by column studies in the laboratory leaching extent of various components from the composite and urea fertilizers applied on the soil surface during irrigation was studied. Infiltration of water enhanced the leaching of nitrogen and phosphorus in both the rice paddy field soil and the patch soil. The downward N and P transport with infiltrating water was more pronounced in the patch soil column and the increased residual concentrations of N and P in the lower sections in the patch soil column was found with time.

Key words : nitrogen, phosphorus, fertilizers, nonpoint source, groundwater

1. 서 론

우리나라의 일반 농가에서는 비료의 과잉 투입이 관행화되어 있어 발인 경우 시비한 질소의 10~30%가 작물에 흡수되지 않고 유실 또는 용탈될 뿐만 아니라, NO_3^- 로 인한 식수오염의 우려마저 있는 것으로 알려져 있다. 최근에 토양에 시비된 비료로부터 용출된 암모니아나 칼슘이온과 같은 양이온이나^{1),2),3)} 질산태 질소와 같은 음이온의 지하 유입으로 인한⁴⁾ 지하수 오염경로에 관한 연구가 활발하게 이뤄지고 있다. 질소의 경우에 토양으로 유입된 유기태 질소나 암모니아성 질소성분은 무기화 작용에 의해 NO_3^- -N로 전환되어 Cl^- 과 유사한 속도로 지하 이동에 의해 지하수계의 오염원이 되는 것으로 알려져 있다. NO_3^- -N의 지하이동은 기상조건에 따라 크게 영향을 받는데, 강수량 또는 관개량이 많은 시기나 지역일수록 그 정도가 크게 증가하여 토양 하층부에서의 NO_3^- -N 농도가 현저히 높아지는 것으로 알려져 있다.⁵⁾ 이에 반해 비교적 토양매질에 흡착력이 강한 인산염의 경우는 오염확산이 주로 토양입자의 유실에 의한 것으로 추정되고 있으나 토양의 인산 흡착용량의 제한으로 인하여 과잉으로 유입된 인산은 특히 강우나 관개수에 의하여 쉽게 용탈되어 장거리 이동이 가능한 것으로 알려져 있다.

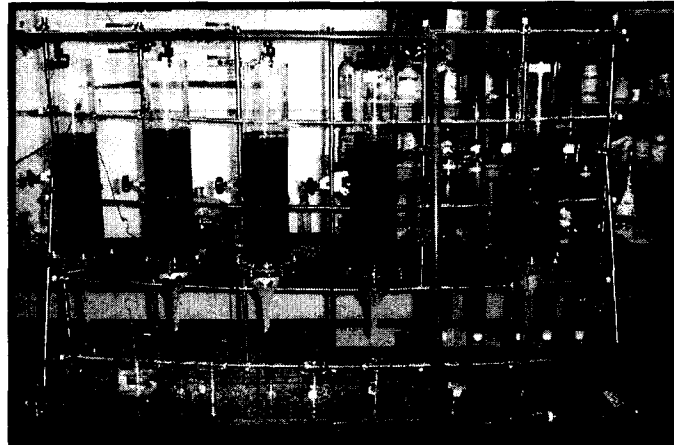
본 연구에서는 우리나라의 일반적인 농경지 토양에서 주로 시비되고 있는 복합비료와 요소비료의 주 성분인 N과 P의 토양내에서의 이동 특성과 주요 영향인자에 대해 칼럼실험을 통하여

알아 보았으며, 현장조건을 모사하기 위하여 M 지역의 논과 밭 토양을 채운 토양칼럼에 복합비료와 요소비료를 그 지역 평균 시비량 조건에서 적용하여 수분이동에 따른 경작지별 비료성분중 N과 P의 용탈 특성을 잔류특성과 함께 알아보았다.

2. 재료 및 실험방법

농경지 토양에서 화학비료를 시비한 후 수분침투에 의한 토양 깊이별 N과 P의 거동과 토양내 잔류특성을 알아보기 위하여 M지역의 논과 밭토양을 대상으로 Column Test를 실시하였다.

본 연구에서 사용된 토양시료는 먼저 자연조건에서 풍건시킨 논과 밭의 토양을 2mm이하로 분류하여 **Picture 1**에 나타낸 바와 같이 내경 10cm인 아크릴 재질의 칼럼에 높이 40cm로 충전하였다. 깊이별 잔류 N과 P의 농도변화를 알아 보기 위하여 토양칼럼을 각각 표층 10cm, 중층 15cm, 하층 15cm로 구분하여 각 층별 토양시료를 채취하여 대상 성분의 농도를 측정하였다.



Pic 1. Experimental Apparatus

실험은 먼저 칼럼 중의 토양을 현장토양과 유사한 bulk density가 되도록 충분히 다짐을 한 후, 수분을 보충하여 각 토양의 field capacity를 맞춰 주었다. 준비된 토양칼럼 표면에 각각의 비료를 M 지역의 평균 시비량을 기준으로 시비한 후 수분 이동에 따른 비료성분의 거동을 알아보기 위해 인공강우로 pH 7.1의 증류수를 사용하여 포화유입조건에서 실험을 수행하였다. 비료의 시비량은 논토양의 경우에 복합비료는 86g/평, 요소비료는 50g/평이었으며, 밭토양은 복합비료 163g/평, 요소비료 50g/평을 적용하였다. 본 실험에서의 인공강우의 토양 유입속도는 논과 밭 모두 약 1.3ml/min 값을 나타냈으며 시간에 따른 변동은 크지 않았다. 실험에 사용한 복합비료와 요소비료는 현재 M지역에서 가장 많이 사용되는 제품을 현장에서 구입하여 사용하였다. 복합비료는 N:P:K 비율이 각각 21:17:17인 조성을 나타냈으며, 요소비료는 N성분이 46%이상인 것을 사용하였다.

분석항목으로는 pH, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{PO}_4^-\text{-P}$, P_2O_5 를 선정하여 토양칼럼을 통과하는 침출수의 유량별 이들 농도와 실험 후 토양 중에 잔류하는 이들 잔류농도를 측정하였다. 수질시료 중 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{PO}_4^-\text{-P}$ 의 농도는 미국 Standard methods에 따라 UV-1601(Shimadzu Co.)를 이용하여 측정하였다. 토양 중 Total P와 P_2O_5 의 잔류 농도는 각각 Vanado Molybdate 법과 Bray No.1 method에 따라 분석하였으며, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 와 $\text{PO}_4^-\text{-P}$ 는

2M KCl를 사용하여 추출한 후 수질시료 분석과 같은 방법으로 측정하였다. 토양중 CEC(Cation Exchange Capacity) 값은 EPA Methods(9081)에 따라 측정하였으며 pH는 국내 토양공정시험법 중 1:5법을 사용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 논,밭 토양시료의 물리화학적 특성

실험에 사용한 토양은 현장조건을 최대한 유지할 수 있도록 Picture 2에 나타난 바와 같이 내경 30cm 아크릴 원통을 이용하여 토양시료의 훼손을 최소화하면서 채취하였다. 현장에서 채취한 논과 밭 토양의 물리화학적 특성을 Table 1과 2에 나타내었다.



Pic 65 Sampling of field soils

Table 1. Soil properties of the rice paddy field

심도 (cm)	유기물 함량(%)	Soil pH	CEC (meq/100g)	s.g (g/cm ³)	토양입경분포(%)			
					sand	silt	clay	soil
0 - 6	4.5	6.0	27.8	2.61	76	21	3	Loamy sand
6 - 16	4.7	6.4	29.0	2.64	77	20	3	Loamy sand
16 - 26	5.1	6.5	34.7	2.64	77	20	3	Loamy sand

Table 2. Soil properties of the patch

심도 (cm)	유기물 함량(%)	Soil pH	CEC (meq/100g)	s.g (g/cm ³)	토양입경분포(%)			
					sand	silt	clay	soil
0 - 6	5.5	5.9	31.8	2.50	83	15	2	Loamy sand
6 - 11	4.8	6.2	28.9	2.61	83	15	2	Loamy sand
11 - 16	4.6	6.1	28.3	2.68	83	15	2	Loamy sand

논과 밭의 토양 모두 loamy sand에 해당하는 soil texture를 나타내고 있으나 bulk density의 경우는 논 토양이 1.54 g/cm³, 밭의 경우는 1.37g/cm³를 나타내어 논이 밭의 경우에 비하여 토양 다짐정도가 더 큰 것으로 나타났다. pH는 두 토양 모두 6.0 부근의 중성에서 약산성을 나타내었으며 토양 비중은 2.50~2.68(g/cm³)로 대표적인 토양 비중 값과 유사하였다. 토양의 CEC 와 유기물 함량은 논토양이 깊이에 따라 높은 값을 나타낸 반면에 밭의 경우는 낮아지는 경향을 나타내었는데 평균적인 값에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 논과 밭 토양의 초기 N과 P의 농도를 측정 한 결과, 논외의 경우 T-P는 619~1,178mg/kg, NO₃⁻-N 0.93~4.88mg/kg, 밭토양은 T-P 1,694~1,713mg/kg, NO₃⁻-N 2.10~5.31mg/kg으로 논토양보다 복합비료를 2배 정도 많이 사용하는 밭토양에서 토양내 잔류 N과 P의 농도가 높게 나타남을 알 수 있었다.

3.2 논, 밭토양에서의 N과 P의 용탈특성

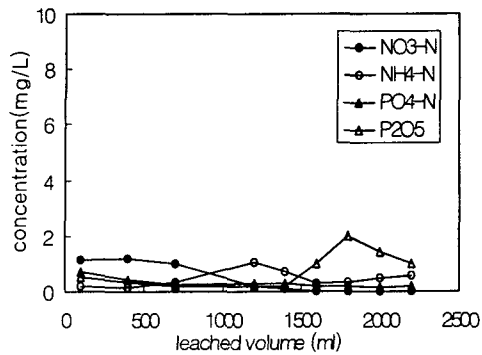


Fig 2. Leaching test of composite fertilizer applied soil (the paddy field)

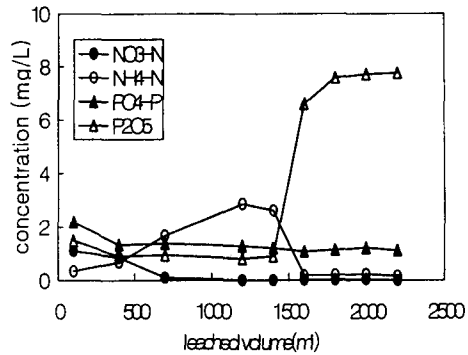


Fig 3. Leaching test of composite fertilizer applied soil (the patch)

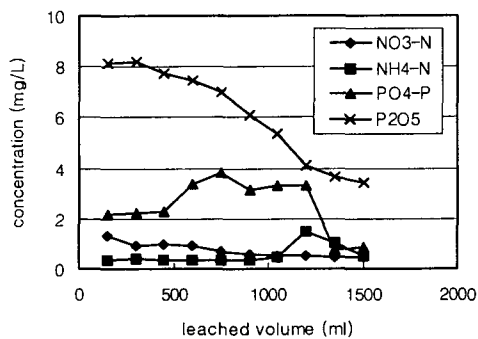


Fig 4. Leaching test of urea fertilizer applied soil (the paddy field)

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 연구과제로 수행하였으며 이에 감사를 드린다.

참고문헌

1. Amiel, A.J., M. Nameri, and M. Magaritz. "Influence of intensive cultivation and irrigation on exchangeable cations and soil properties : A case study in Jordan Valley, Israel", *Soil Sci.*, 142, pp223~228(1986)
2. Misra, U. K., W. J. Upchurch, and C. E. Marshall. "Lysimetric and chemical investigation of pedological changes : part 4. Mineral equilibria in relation to potassium and magnesium-enriched environment in the profile", *Soil Sci.*, 122, pp25~35(1976)
3. Sumner, M. E., H. Shahandeh, J. Bouton, and J. Hammel. "Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum", *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, pp1254~1258(1986)
4. Krupp, H. K., J. W. Biggar., and D. R. Nielsen. "Relative flow rates of salt and water in soils", *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36, pp412~417(1972)
5. Bergstrom, L. 1987. "Nitrate leaching and drainage from annual and perennial crops in tile drained plots and lysimeters", *J. E nviron. Qual.*, 16, pp11~18(1987)